

Reseña histórica de los ciclones tropicales en el Estado de Guerrero, México (1951-2019)

Gabriel Sánchez-Rivera, Adrián Cervantes-Martínez, Óscar Frausto-Martínez
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE QUINTANA ROO

Introducción

El Estado de Guerrero se localiza en las costas del Pacífico suroccidental de la república mexicana; por su ubicación el territorio estatal y, en particular, sus zonas costeras son susceptibles al embate de ciclones tropicales durante los meses de junio a noviembre —temporada de huracanes—, donde la mayor actividad promedio se registra entre los meses de agosto a septiembre. Esta exposición a los efectos asociados a los meteoros, particularmente las lluvias y vientos, de acuerdo con Solow (2017) y Van de Pol *et al* (2017), cobra particular relevancia dado que pueden derivar en grandes costos económicos para la población como consecuencia de las posibles afectaciones a la infraestructura, medios de producción y pérdida de vidas humanas.

Ejemplo de lo anterior son los trabajos publicados por diversos autores en los que se destacan y analizan los efectos y consecuencias de los huracanes *Paulina* [1997] (Villegas-Romero *et al.*, 2009; Ramos *et al.*, 2015; Rodríguez Esteves, 2017), *Ingrid* [2013] (Aviña Vega *et al.*, 2018), *Max* [2017] (Bedolla Solano *et al.*, 2021) y las tormentas tropicales *Henriette* [2007] (Palacios Ortega *et al.*, 2015) y *Manuel* [2013] (Rodríguez Esteves, 2017; Aviña Vega *et al.*, 2018), fenómenos que desencadenaron procesos de remoción en masa e inundaciones que provocaron la pérdida de vidas humanas y daños considerables en la infraestructura y en los sistemas socioecológicos de la región.

Durante el período comprendido entre los años 1951 y 2019 se reportó la formación de 1,535 sistemas ciclónicos en el Pacífico nororiental (IBTrACS,

2019), de los cuales el 14% (208) impactaron el territorio nacional, y de los cuales 104 lo hicieron por las costas del suroccidente del país.

Dicho lo anterior, para el presente estudio se plantearon como preguntas de investigación, el identificar el número de ciclones que impactaron el Estado de Guerrero en el período 1951-2019 y la caracterización de los ciclones como eventos en categoría de extremos, en función de la rareza de su ocurrencia —raros, muy raros y extremadamente raros—, tomando como base los criterios de la Organización Meteorológica Mundial (WMO, 2018).

La caracterización se realizó a partir de las variables de análisis “velocidad máxima de vientos sostenidos” y “mínima presión atmosférica”, mediante el modelo estadístico “excedente a un umbral relativo (*exceeding a relative threshold*)” (WMO, 2018) y los umbrales de referencia 10.0 y 90.0; 1.0 y 99.0; y 1 y 99.9 percentiles (Sánchez-Rivera *et al.*, 2021).

Ciclones tropicales

Los ciclones tropicales son fenómenos hidrometeorológicos representados por “una circulación atmosférica cerrada que gira en sentido contrario a las manecillas del reloj en el hemisferio norte y en sentido horario en el hemisferio sur” (NHC, 2019). Estos fenómenos se caracterizan por ser grandes masas de aire cálido y húmedo con intensos vientos y abundantes precipitaciones alrededor de una zona de baja presión (Rosengaus-Moshinsky *et al.*, 2002), los cuales pueden representar una amenaza para las poblaciones y los sistemas socioecológicos de las zonas costeras del país.

Para comprender la dinámica y los patrones que permitan explicar la ocurrencia de ciclones tropicales, diversos autores —entre los que destacan Holland y Bruyère (2014) y Doval, Pérez, Acosta y Rodríguez (2013)— han realizado estudios en los que correlacionan diversas variables, como las siguientes: la temperatura de la superficie oceánica, la actividad de las manchas solares y ENOS (El Niño-Oscilación del Sur).

Eventos extremos

En cuanto a la caracterización de los eventos perturbadores en categoría de extremos, ésta resulta compleja, debido a que no existe un consenso en cuanto a su definición. Stephenson (2008) propone que los ciclones categorizados como extremos serían aquéllos cuya ocurrencia es “rara”, con efectos “severos” y “graves”, donde “raro” queda definido como aquellos eventos con baja probabilidad de ocurrencia. La WMO (2018) establece que los eventos considerados

como “raros”, serían aquéllos que superan los percentiles 90 y 95, mientras que los considerados como “muy raros” excederían el rango de 1 y 99 o superiores. Otros autores como Décamps (2008) proponen que los eventos en categoría de extremos serían aquéllos que exceden algún tipo de límite en función de su magnitud, duración y frecuencia.

En la literatura científica no se encontró una definición única y consensuada para definir y clasificar eventos hidrometeorológicos en categoría de extremos. Entre los principales métodos y técnicas identificadas destacan los siguientes: *a*) Pico por encima del umbral (IPCC, 2012); *b*) Teoría del valor extremo (Tiago de Oliveira, 1986); *c*) Excedente a un umbral relativo (IPCC, 2014); *d*) Excedente a un umbral y un período de retorno (WMO, 2018); y *e*) Efectividad: eventos que desencadenan un desastre o emergencia (IPCC, 2014) y que puede ocasionar la pérdida de vidas, lesiones, etc. (WMO, 2018).

Si bien, existen diversas propuestas para categorizar los eventos como extremos, en el caso particular de los ciclones tropicales, la mayoría de los estudios consultados se centran en la clasificación en términos de la “escala Saffir-Simpson —S.S.—”, la cual fue desarrollada por los ingenieros Herb Saffir y Bob Simpson, y que toma como base la intensidad de los vientos máximos sostenidos (Schott *et al.*, 2012). Esta escala indica los probables daños materiales que los vientos pudieran provocar y agrupa a los huracanes en cinco (5) categorías en función del aumento de la velocidad de los vientos, sin embargo, esta escala no considera la clasificación de los meteoros en función de su probabilidad de ocurrencia (Schott *et al.*, 2012).

Materiales y métodos

Área de estudio

El área de estudio corresponde al territorio del Estado de Guerrero, el cual se localiza en la región suroccidental de la república mexicana, junto con los estados costeros de Jalisco, Colima, Michoacán, Oaxaca y Chiapas (figura 1); los cuales en conjunto representan el 18% (2,066.05 km aprox.) de las costas del país. El Estado de Guerrero cuenta con una línea de costa aproximada de 1,950 km (INEGI, 1991).

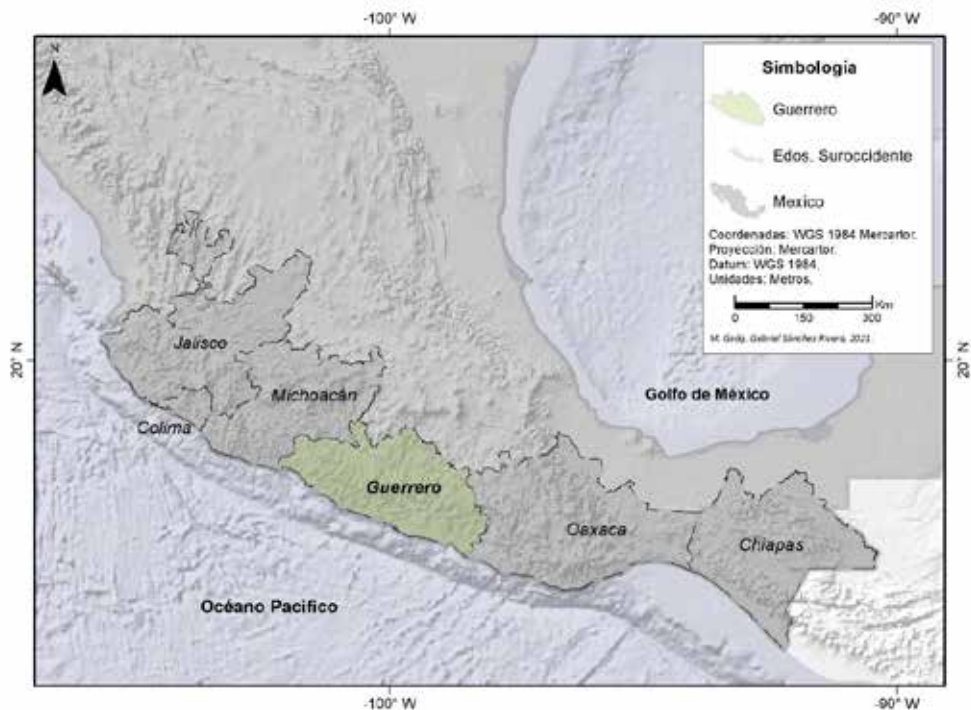


Figura 1: Región suroccidental de la república mexicana. Fuente: elaboración propia con datos de Amante y Eakins (2009), Flanders Marine Institute (2018) e (INEGI, 2019).

Datos

La información sobre las trayectorias y características físicas de los ciclones tropicales fueron adquiridas a través de los registros de la base de datos de la “mejor trayectoria” (IBTrACS, 2019), de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica —NOAA por sus siglas en inglés—. La información —de acceso público— es producto del reanálisis posterior a la temporada de ciclones, reportada en períodos de 6 h (Kenneth R. Knapp *et al.*, 2009).

Los registros del IBTrACS (2019), de acuerdo con K. R. Knapp *et al.* (2018), presentan variaciones espacio-temporales debido a que éstos son obtenidos de diversas fuentes entre las que se cuentan: observaciones superficiales, barcos, aeronaves e imágenes satelitales. De ahí que, para cada evento en particular, se tengan niveles de incertidumbre heterogéneos, asociados a diversas características como son: localización geográfica, intensidad, permanencia, año de formación, etc.

Para identificar los ciclones que impactaron el Estado de Guerrero se tomó como referencia el polígono que representa el territorio estatal del Marco Geoestadístico Nacional (INEGI, 2019).

Métodos

Los métodos y procedimientos para alcanzar los objetivos del estudio fueron los siguientes:

Adquisición y preprocesamiento de datos. Se homologaron todas las capas vectoriales a la proyección cartográfica UTM-GCS-WGS-1984 y se realizaron —según el caso— las conversiones de unidades al sistema métrico internacional.

Procesamiento de datos. Se construyó una base de datos correlacional a partir de la cual se efectuaron las consultas que permitieron identificar los ciclones que tocaron tierra en el país y en el Estado de Guerrero. Las operaciones se efectuaron mediante el lenguaje de programación SQL. Los procesos cartográficos y de análisis espacial se realizaron a través del Sistema de Información Geográfica —SIG— *ArcGis 10.3*.

Modelos, variables y parámetros de referencia. Para la identificar y caracterizar los ciclones tropicales como eventos extremos en función de la rareza de su ocurrencia —raros y muy raros—, se aplicó el modelo estadístico “excedente a un umbral relativo —*exceeding a relative threshold*—”, tomado como umbrales de referencia los valores 0.1 y 99.9; 1.0 y 99.0; 10.0 y 90.0 percentiles (WMO, 2018; Sánchez-Rivera *et al.*, 2021). Las variables consideradas fueron la velocidad máxima de vientos sostenidos [km/h] y mínima presión atmosférica [mb].

Resultados

Caracterización de las temporadas 1951-2019

Los registros del IBTrACS reportan la formación de un total de 1,535 ciclones durante el período 1951-2019. De ellos, 104 (7%) tocaron tierra en los territorios de los estados costeros del suroccidente mexicano y, a su vez, 23 el Estado de Guerrero (cuadro 1), lo que posiciona a la entidad en el segundo puesto con la menor cantidad de impactos directos en su territorio, sólo por delante del Estado de Chiapas, el cual registra el impacto directo en su territorio de 10 eventos durante el mismo período.

De los 23 ciclones que ingresaron por el Estado de Guerrero, 48% ($n = 11$) alcanzaron la categoría —en escala S.S.— de huracán 1, y 13% ($n = 3$) la de huracán 4. No se reporta el impacto de ciclones en categorías 3 y 5.

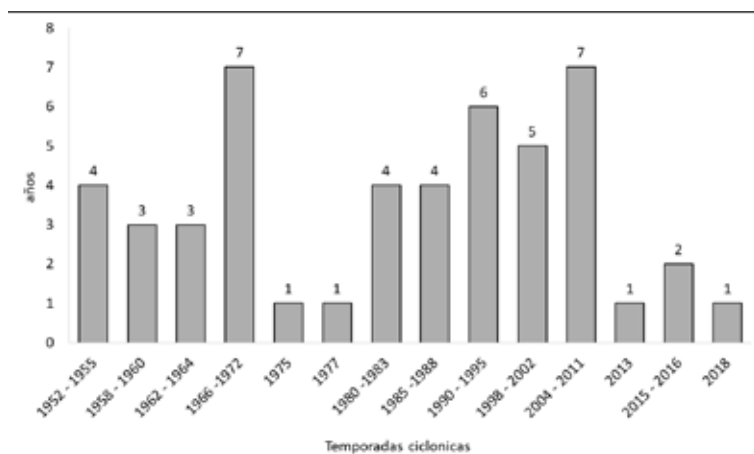
Cuadro 1: Ciclones que impactaron el Estado de Guerrero en el período 1951-2019.

| Nombre | Año | Cat. / Dist. Total | Cat. / Dist. Tierra | % Trr / Total |
|-------------|------|--------------------|---------------------|---------------|
| Sin nombre | 1951 | DT / 939.78 | TT / 94.0 | 10% |
| Wallie | 1965 | DT / 528.97 | TT / 100.4 | 19% |
| Claudia | 1973 | DT / 1078.55 | TT / 197.3 | 18% |
| Carlos | 2003 | DT / 833.51 | TT / 132.7 | 16% |
| Trudy | 2014 | DT / 422.48 | TT / 99.6 | 24% |
| Narda | 2019 | DT / 1925.67 | TT / 18.7 | 1% |
| Sin nombre | 1951 | H1 / 1085.40 | H1 / 335.2 | 31% |
| Sin nombre | 1956 | H1 / 894.47 | H1 / 109.8 | 12% |
| Sin nombre | 1957 | H1 / 561.13 | H1 / 15.8 | 3% |
| Iva | 1961 | H1 / 1124.15 | H1 / 30.1 | 3% |
| Tara | 1961 | H1 / 862.64 | H1 / 108.5 | 13% |
| Dolores | 1974 | H1 / 843.86 | H1 / 130.8 | 16% |
| Norma | 1974 | H1 / 464.56 | TT / 58.0 | 12% |
| Aletta | 1978 | H1 / 565.19 | TT / 19.0 | 3% |
| Cosme | 1989 | H1 / 2306.67 | H1 / 186.0 | 8% |
| Boris | 1996 | H1 / 1659.54 | H1 / 86.1 | 5% |
| Max | 2017 | H1 / 423.71 | H1 / 115.5 | 27% |
| Fifi:orlene | 1974 | H2 / 5759.72 | DT / 86.0 | 1% |
| Odile | 1984 | H2 / 1349.47 | H1 / 26.5 | 2% |
| Carlotta | 2012 | H2 / 1478.69 | H1 / 282.0 | 19% |
| Madeline | 1976 | H4 / 1993.64 | H3 / 25.3 | 1% |
| Ignacio | 1979 | H4 / 2437.71 | DT / 42.4 | 2% |
| Pauline | 1997 | H4 / 1581.17 | H1 / 461.0 | 29% |

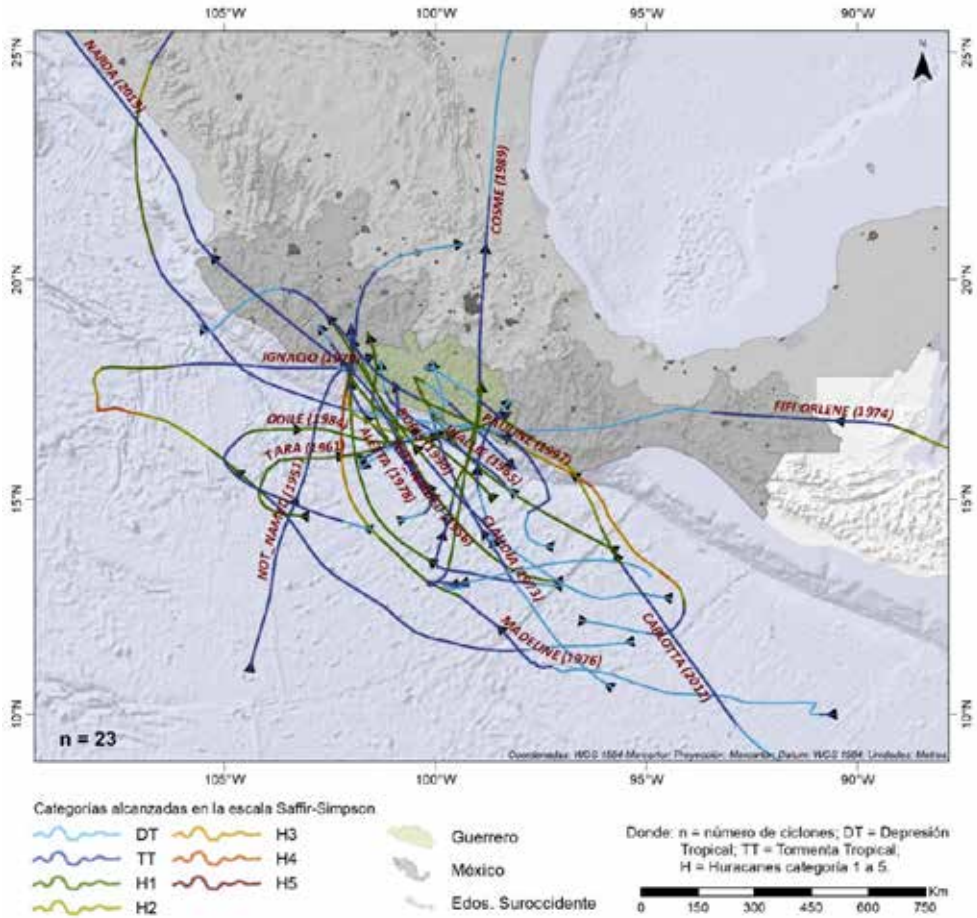
Donde: “Cat./Dist. Total” = Categoría S.S. y distancia total recorrida [Km]; “Cat./Dist. Tierra” = Categoría S.S. al impactar tierra y distancia recorrida en tierra [Km]; “% Trr / Total” = % de la distancia recorrida en tierra con respecto al total de la distancia recorrida por cada evento. Fuente: Elaboración propia con datos del IBTrACS (2019).

Durante el período estudiado (68 años) se identificó que en el 72% (n=49) de las temporadas de ciclones no hubo impactos directos en el territorio estatal, ocurriendo únicamente en el 28% (n= 19) de los casos. Sobresalen las temporadas de los años 1966-1972 y 1998-2002 con el máximo número de años consecutivos (7) sin impactos en tierra, seguido por las temporadas 1990-1995 con 6 años (figura 2).

Figura 2: Temporadas de ciclones sin impactos directos en tierra en el Estado de Guerrero.



Las trayectorias de los ciclones en categoría de huracán que han impactado el Estado de Guerrero, se presentan en la figura 3.



Fuente: Elaboración propia con datos del IBTrACS (2019).

Figura 3: Trayectorias de los ciclones tropicales que impactaron las costas del Estado de Guerrero, agrupados por categorías en la escala Saffir-Simpson.

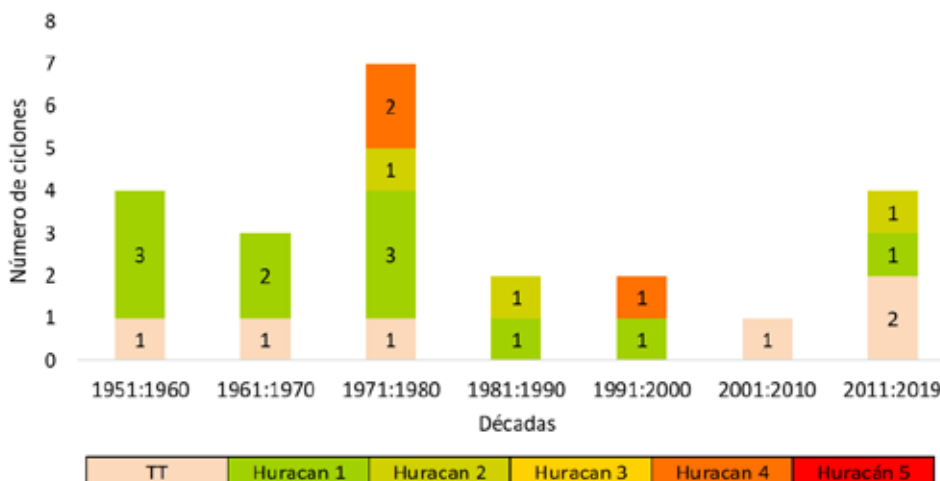
Para identificar los patrones de ocurrencia de los ciclones que han impactado la zona de estudio, se agruparon en función de décadas y categorías —escala S.S.—. Los resultados obtenidos muestran un comportamiento no homogéneo en la cantidad e intensidad de los eventos que han tocado tierra, no identificándose tendencia al alza tanto en cantidad como en intensidad. La década de los 70 del siglo XX, sobresale por presentar el mayor número de eventos registrados (7), seguida por las décadas de los 50 del mismo siglo y la segunda

del siglo XXI, con un máximo de 4 eventos cada una. En contraste, es durante la primera década del presente siglo cuando se registra el mínimo impacto de meteoros en el estado, con sólo un evento en categoría máxima de tormenta tropical. Sobresale también el que no existe registro de impactos en territorio guerrerense de ciclones en categorías de huracán 3 y 5 (cuadro 2 y figura 4).

Cuadro 2: Número de ciclones por categoría y década en el período 1951-2019.

| Décadas | En escala Saffir-Simpson (SS) | | | | | | Totales |
|----------------|-------------------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| | TT | H1 | H2 | H3 | H4 | H5 | |
| 1951:1960 | 1 | 3 | | | | | 4 |
| 1961:1970 | 1 | 2 | | | | | 3 |
| 1971:1980 | 1 | 3 | 1 | | 2 | | 7 |
| 1981:1990 | | 1 | 1 | | | | 2 |
| 1991:2000 | | 1 | | | 1 | | 2 |
| 2001:2010 | 1 | | | | | | 1 |
| 2011:2019 | 2 | 1 | 1 | | | | 4 |
| Totales | 6 | 11 | 3 | 0 | 3 | 0 | 23 |

Figura 4: Número de ciclones agrupados por categoría —S.S.— y década en el período 1951-2019.



Donde: TT = Tormenta tropical. Fuente: Elaboración propia con datos del IBTrACS (2019).

Ciclones categorizados como eventos extremos.

Los ciclones fueron caracterizados como eventos extremos mediante la aplicación del modelo excedente a un umbral relativo, tomando como base el total de meteoros reportados por el IBTrACS (2019) para el Pacífico nororiental ($n = 1,535$). Los resultados sitúan a los huracanes *Nancy* [H5, 1961] y *Patricia* [H5, 2015] como los de mayor intensidad, superando el umbral de 0.1 y 99.9 percentiles para las variables “mínima presión atmosférica” y “velocidad máxima de vientos sostenidos” respectivamente, lo que los posiciona en la categoría de “extremadamente raros” en función de su probabilidad de ocurrencia. El huracán *Nancy* no alcanzó tierras mexicanas, mientras que el huracán *Patricia* ingresó por el estado de Jalisco con valores extremos de “velocidad de vientos máximos sostenidos” de 342.6 km/h y “mínima presión atmosférica” de 872 mb. Siendo el huracán de mayor intensidad registrado en la zona en el período estudiado, incluso por encima del huracán *Wilma* [H5, 2005] formado en el Atlántico Norte y que impactara el Estado de Quintana Roo, en la península de Yucatán, y que alcanzara una “velocidad máxima de vientos sostenidos” del orden de los 296 km/h y “mínima presión atmosférica” de 882 mb.

En la categoría de eventos “muy raros” se identificaron 15 huracanes en categoría H5, que sobrepasaron los umbrales 1.0 y 99.0 percentiles y de los cuales ninguno impactó las costas de los estados del suroccidente mexicano: *Olive* [1952]; *Lola* [1957]; *Vera* [1959]; *Karen* [1962]; *Ruth* [1962]; *Kit* [1966]; *Irma* [1971]; *Tip* [1979]; *Gay* [1992]; *Joan* [1997]; *Linda* [1997]; *Paka* [1997]; *Dianmu* [2004]; *Rick* [2009]; *Vongfong* [2014].

En el caso del Estado de Guerrero, dos (2) de los tres (3) ciclones que alcanzan tierra con categoría máxima de huracán 4, superaron los límites del umbral 90 percentiles para la variable “velocidad máxima de vientos sostenidos”, cayendo en la categoría de eventos “raros”. Los casos corresponden a los huracanes *Madelin* [H4, 1976] con “velocidad máximas de vientos sostenidos” de 231.5 km/h y “mínima presión atmosférica” de 941 mb e *Ignacio* [H4, 1979] con valores respectivos de 231.5 km/h y 938 mb (figura 5).

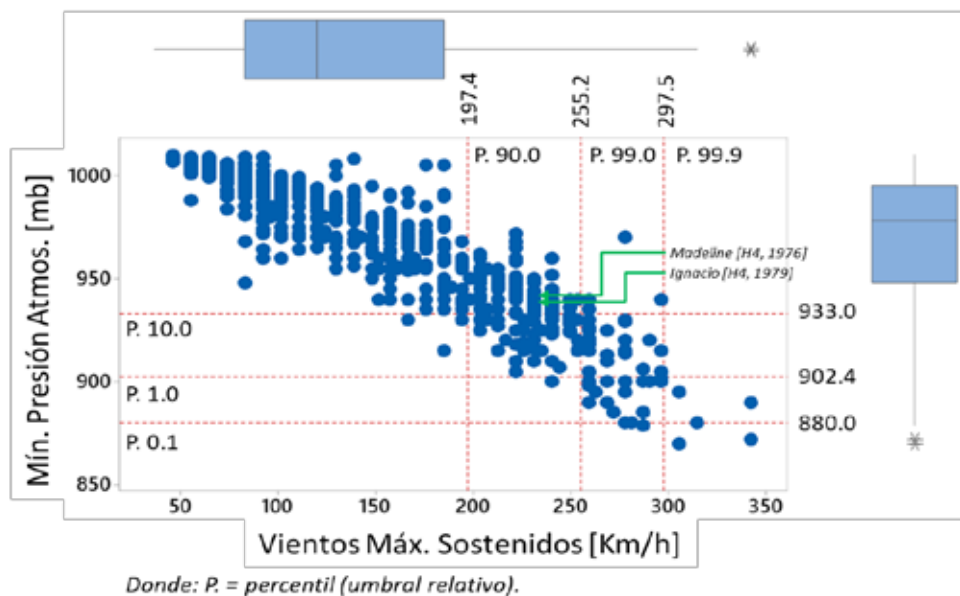


Figura 5: Diagrama de dispersión y valores de referencia del modelo excedente a un umbral relativo para los ciclones formados en el Pacífico nororiental.

Discusión y conclusiones

De acuerdo con los hallazgos obtenidos, no se identifica una tendencia al incremento en el número e intensidad —magnitud— de ciclones que han tocado territorio guerrerense, esto quizá se deba a como lo afirman Walsh (2004) y Walsh *et al.* (2016), que será hacia la década de los 50 del presente siglo, cuando se ponga de manifiesto un incremento en la intensidad máxima entre el 5% y 10% como consecuencia del calentamiento global derivado del cambio climático.

De la caracterización de los ciclones, como eventos extremos, destaca que de los ocho (8) ciclones en categorías H4 y H5 que han impactado las costas suroccidentales del país, dos (2) de ellos tocaron tierra firme en el Estado de Guerrero en categoría de eventos “raros” al superar los percentiles 10 y 90, no habiendo impactos de ciclones en categoría de “muy raros” o “extremadamente raros”.

La mayoría de los ciclones en categoría de huracán que impactaron el estado alcanzaron categorías máxima de huracán 1.

De la revisión de la literatura científica en torno a concepto de eventos extremos, se constató que no existe un consenso para una definición única, dado que, como lo plantean Stephenson (2008) y la WMO (2018), el concepto es abordado desde diversas disciplinas como la meteorología, las ciencias biológicas y sociales, entre otras.

La caracterización de eventos en categoría de extremos —raros, muy raros y extremadamente raros— permite estimar las capacidades de resiliencia y vulnerabilidad de los sistemas socioecológicos y de los servicios ecosistémicos de los cuales depende la población de la región.

Los hallazgos del presente estudio pueden ayudar a coadyuvar con información necesaria para llevar a cabo estudios y proyectos que requieran la delimitación de zonas prioritarias de atención ante el impacto de fenómenos de alta intensidad y rara probabilidad de ocurrencia.

Finalmente, es necesario profundizar en el análisis y caracterización de eventos en categoría de extremos en función de la probabilidad de ocurrencia, tomando como referencia otras variables, como son la lluvia y los efectos sobre los sistemas socioecológicos y los servicios ecosistémicos, toda vez que en la literatura se reporta que no existe una relación directamente proporcional entre la categoría que alcanza un ciclón en la escala Saffir-Simpson y la ocurrencia de inundaciones y deslizamientos que ponen en riesgo a la población y sus medios de producción, dado que esto se encuentra vinculado a las condiciones de vulnerabilidad preexistentes.

Referencias

- AMANTE, C., & EAKINS, B. W. (2009). *ETOPO1 1 Arc-Minute Global Relief Model: Procedures, Data Sources and Analysis*. NOAA Technical Memorandum NESDIS NGDC-24. National Geophysical Data Center, NOAA. <<https://doi.org/10.7289/V5C8276M>>.
- AVIÑA VEGA, N. G., MILIÁN ÁVILA, G. M., & GUEVARA ROMERO, M. L. (2018). “Otra respuesta frente a los desastres. Huracán Ingrid y tormenta tropical Manuel, Chilpancingo, Guerrero, México”. *Espacio y Desarrollo*, 54 (32), 29-54. <<https://doi.org/10.18800/espacioydesarrollo.201802.002>>.
- BEDOLLA SOLANO, R., MIRANDA ESTEBAN, A., BEDOLLA SOLANO, J. J., & SÁNCHEZ ADAME, O. (2021). “Análisis prospectivo-educativo del impacto del

- huracán Max en una comunidad de Guerrero”. *RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación y El Desarrollo Educativo*, 11(22). <<https://doi.org/10.23913/ride.v11i22.877>>.
- DÉCAMPS, H. (2008). “Ecosystems and extreme climatic events”. *Comptes Rendus Geoscience*, 340(9-10), 553-563. <<https://doi.org/10.1016/j.crte.2008.08.004>>.
- DOVAL, J. P., PÉREZ, M. B., ACOSTA, J. O., & RODRÍGUEZ, E. (2013). “Caracterización de las trayectorias de los ciclones tropicales en la Cuenca Atlántica en relación con la actividad solar y otras variables”. *XI Congreso Cubano de Informática y Geociencias (GEOINFO'2013)*, 18.
- FLANDERS MARINE INSTITUTE. (2018). *IHO Sea Areas, version 3*. <<https://doi.org/10.14284/323>>.
- HOLLAND, G., & BRUYÈRE, C. L. (2014). “Recent intense hurricane response to global climate change”. *Climate Dynamics*, 42(3-4), 617-627. <<https://doi.org/10.1007/s00382-013-1713-0>>.
- IBTrACS. (2019). *IBTrACS v04r00 - Online browsing*. International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS). NOAA. <<https://www.ncdc.noaa.gov/ibtracs/index.php>>.
- INEGI. (1991). *Datos Básicos de la Geografía de México* (segunda). <http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825221218/702825221218_1.pdf>.
- INEGI. (2019). *Marco Geoestadístico*. <<https://www.inegi.org.mx/temas/mg/default.html#Descargas>>.
- IPCC. (2012). “Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation”. In C. B. Field, V. Barros, T. F. Stocker, & Q. Dahe (Eds.), *A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. <<https://doi.org/10.1017/CBO9781139177245>>.
- IPCC. (2014). “Future Climate Changes, Risks and Impacts”. In *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. <<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324>>.
- KNAPP, K. R., DIAMOND, H. J., KOSSIN, J. P., KRUK, M. C., & SCHRECK III, C. J. (2018, March). *International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS) Project, Version 4. Subset: NA - North Atlantic*. NOAA National Centers for Environmental Information. Non-Government Domain. <<https://data.nodc.noaa.gov/cgi-bin/iso?id=gov.noaa.ncdc:C01552>>.

- KNAPP, KENNETH R., KRUK, M. C., LEVINSON, D. H., & GIBNEY, E. J. (2009). “Archive Compiles New Resource for Global Tropical Cyclone Research”. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 90(6), 46. <<https://doi.org/10.1029/2009EO060002>>.
- NHC. (2019). *Glossary of NHC Terms*. Centro Nacional de Huracanes de Los Estados Unidos de América. <<https://www.nhc.noaa.gov/aboutgloss.shtml>>.
- PALACIOS ORTEGA, R., MARTÍNEZ GARCÍA, M., & GUTIÉRREZ ÁVILA, J. (2015). “Planeación urbana, vulnerabilidad y riesgo por fenómenos hidrometeorológicos, en los espacios periurbanos de Acapulco, Guerrero”. *20° Encuentro Nacional Sobre Desarrollo Regional En México*. <<http://ru.iiec.unam.mx/3053/>>.
- RAMOS, R. N., VÁZQUEZ, R., ROMERO, R., NOVILLO, C. J., ARROGANTE, P., & SÁNCHEZ, S. (2015). “Identificación de deslizamientos de laderas aplicando técnicas de detección de cambios a imágenes Landsat en la zona costera del Estado de Guerrero, México”. *Análisis Espacial y Representación Geográfica: Innovación y Aplicación: Universidad de Zaragoza*, 1(January 2016), 1271-1280. <https://congresoage.unizar.es/eBook/trabajos/086_Ramos-Bernal.pdf>.
- RODRÍGUEZ ESTEVES, J. M. (2017). “Los desastres recurrentes en México: El huracán Pauline y la tormenta Manuel en Acapulco, Guerrero”. *Disertaciones Anuario Electrónico Estudios de Comunicación Social*, 10(2), 133. <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6040186>>.
- ROSENGAUS-MOSHINSKY, M., JIMÉNEZ-ESPINOSA, M., & VÁZQUEZ-CONDE, M. T. (2002). *Atlas Climatológico de Ciclones Tropicales en México*. <<http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/37.pdf>>.
- SÁNCHEZ-RIVERA, G., FRAUSTO-MARTÍNEZ, O., GÓMEZ-MENDOZA, L., Terán-Cuevas, Á. R., & Hernández, J. C. M. (2021). “Tropical Cyclones in the North Atlantic Basin and Yucatan Peninsula, Mexico: Identification of Extreme Events”. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 16(2), 145-160. <<https://doi.org/10.18280/ij dne.160204>>.
- SCHOTT, T., LANDSEA, C., HAFELE, G., LORENS, J., THURM, H., WARD, B., WILLIS, M., & ZALESKI, W. (2012). “The Saffir-Simpson Hurricane Wind Scale”. *National Hurricane Center, February*, 1-4. <<http://www.nhc.noaa.gov/pdf/sshws.pdf>>.
- SOLOW, A. R. (2017). “On detecting ecological impacts of extreme climate events and why it matters”. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 372(1723), 8-11. <<https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0136>>.

- STEPHENSON, D. B. (2008). "Definition, diagnosis, and origin of extreme weather and climate events". In H. F. Diaz & R. J. Murnane (Eds.), *Diaz, H.F., Murnane, R.J. (Eds.), Climate Extremes and Society*. Cambridge University Press, Cambridge. (pp. 11-23). Cambridge University Press. <<https://doi.org/10.1017/CBO9780511535840.004>>.
- TIAGO DE OLIVEIRA, J. (1986). "Extreme values and meteorology". *Theoretical and Applied Climatology*, 37(4), 184-193. <<https://doi.org/10.1007/BF00867576>>.
- VAN DE POL, M., JENOUVRIER, S., CORNELISSEN, J. H. C., & VISSER, M. E. (2017). "Behavioural, ecological and evolutionary responses to extreme climatic events: challenges and directions". *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 372(1723), 20160134. <<https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0134>>.
- VILLEGAS-ROMERO, I., OROPEZA-MOTA, J. L., MARTINEZ-MENES, M., & MEJIA-SAENZ, E. (2009). "Path and Relation Rain-Runoff Caused By Hurricane Pauline in the Sabana River, Guerrero, Mexico". *Agrociencia*, 43(4), 345-356. <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952009000400002&script=sci_arttext>.
- WALSH, K. J. E. (2004). "Tropical cyclones and climate change: unresolved issues". *Climate Research*, 27(1), 77-83. <<https://doi.org/10.3354/cr027077>>.
- WALSH, K. J. E., MCBRIDE, J. L., KLOTZBACH, P. J., BALACHANDRAN, S., CAMARGO, S. J., HOLLAND, G., KNUTSON, T. R., KOSSIN, J. P., LEE, T., SOBEL, A., & SUGI, M. (2016). "Tropical cyclones and climate change". *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 7(1), 65-89. <<https://doi.org/10.1002/wcc.371>>.
- WMO. (2018). *Guidelines on the definition and monitoring of extreme weather and climate events. Final Version*. World Meteorological Organization.

Estudios de riesgos y desastres

Aspectos teóricos y prácticos

Alma Villaseñor Franco
Bonnie Lucía Campos Cámara
Esteban Rogelio Guinto Herrera
Coordinadores

UAGRO CA93 Riesgos naturales y geotecnología

UQROO-CA-6 Geografía y Geomática

UAGRO CA 167 Arquitectura, ciudad y turismo

UQROO-CA-26 - Manejo y Conservación de Recursos Naturales Acuáticos



ESTUDIOS DE RIESGOS Y DESASTRES

ASPECTOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

ESTUDIOS DE RIESGOS Y DESASTRES

ASPECTOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS

ALMA VILLASEÑOR FRANCO
BONNIE LUCÍA CAMPOS CÁMARA
ESTEBAN ROGELIO GUINTO HERRERA
COORDINADORES



Ediciones
Navarra



**Ediciones
Navarra**

Van Ostade núm. 7, Alfonso XIII, 01460,
México, Ciudad de México.

Esta investigación fue sometida a dictamen en el sistema de pares ciegos externos.

Primera edición: 2021

Estudios de riesgos y desastres. Aspectos teóricos y prácticos

Coordinadores: Alma Villaseñor Franco, Bonnie Lucía Campos Cámara,
Esteban Rogelio Guinto Herrera

Cuidado de la edición: Adlaí Navarro García

Diseño de portada: Elizabeth Vargas López

Diagramación: Rafael Franco Calderón

ISBN: 978-607-8789-33-7

D.R. © Ediciones Navarra

Van Ostade núm. 7, Alfonso XIII,

01460, México, Ciudad de México

www.edicionesnavarra.com

www.facebook.com/edicionesnavarra

www.edicionesnavarra.tumblr.com

@Ed_Navarra

Queda prohibida, sin la autorización escrita del titular de los derechos, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento.

Impreso y hecho en México.

investigaciones. Los resultados deben orientarse a generar estrategias para el cuidado del ambiente. El hecho de contar con una base cartográfica y de información sobre las características naturales y socioeconómicas de cierta área permiten dirigir los esfuerzos de manera objetiva, ya sea para seguir manteniendo en buen estado el suelo o usar técnicas para reducir las pérdidas en zonas con ese problema.

Referencias

- FAO (1967), *La erosión del suelo por el agua, algunas medidas para combatirla en las tierras de cultivo*, FAO, Roma, pp. 1-177.
- FAO y PNUMA (1980), *Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos*, FAO, PNUMA, Roma.
- FAO (2005), *Sistema de la clasificación de la cobertura de la tierra*, FAO, Roma, 47p.
- GARCÍA, E. (2004), *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*, Instituto de Geografía, Universidad Autónoma de México, México, pp. 57-62.
- INEGI (1980), *Síntesis geográfica de Guanajuato*, Secretaría de Programación y Presupuesto, Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática, México, pp. 18-87.
- LUNA, M. D. D. (2013), *Caracterización y diagnóstico para el manejo de recursos naturales en el Municipio de Tecmatlan, Puebla*, tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- MANCILLA, E. G. (2008), *Uso de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo en el campo forestal*, Chile, pp. 4-48.
- MORGAN, R.P.C. (1997), *Erosión y conservación del suelo*, México, pp. 33-45.
- ORTIZ, S. C. A. y CUANALO, C. H. E. (1984), *Metodología del levantamiento fisiográfico: un sistema de clasificación de tierras*, Colegio de Posgraduados, Chapingo, México, 86 p.
- SÁNCHEZ, A. D. (2014), *Caracterización del uso de la vegetación en el Municipio de Acámbaro, Guanajuato*, tesis, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México, pp. 39-42.
- SARH (1991), *Manual de predicción de pérdidas de suelo por erosión*, SARH, México, pp. 3-109.

- SEMARNAT-UACH (2002), *Evaluación de la pérdida de suelo por erosión hídrica y eólica en la República mexicana, Escala 1:1000000*, SEMARNAT-UACH, México.
- SEMARNAT (2013), *Informe de la situación de medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales indicadores clave y de desempeño ambiental. Edición, 2012*, México, pp. 121-132.
- INSTITUTO DE ECOLOGÍA DEL ESTADO (2015), *Subsistema de Información Geográfica y Medio Ambiente del Estado de Guanajuato*, en <http://mapas.ecologia.guanajuato.gob.mx/>
- WISCHMEIER, W. H. y SMITH, D. D (1978), “Predicting Rainfall Erosion Losses-A. Guide to Conservation Planning”, *USDA Handbook* N° 537, 58p.

Este libro representa el trabajo de coordinación de investigadores de diferentes universidades de México, donde se exponen temas de análisis que tienen en común la creciente preocupación internacional respecto del aumento en la frecuencia y severidad de los riesgos y desastres debido en parte a factores relacionados con el cambio climático. Desde las universidades existe una voluntad cada vez mayor para transferir conocimiento y propuestas teórico-metodológicas, así como técnicas para contribuir a reducir los efectos destructivos en la vida y los modos de vida de personas y comunidades. Por ello, en el actual contexto del cambio climático, esta contribución académica responde al creciente reconocimiento de los beneficios de la estrecha vinculación entre los esfuerzos de la gestión del riesgo de desastres y de la adaptación a diferentes escalas.

ISBN 978-607-8789-33-7



9 78 607 8 789 33 7 >